

# Efectos inmediatos sobre la potenciación post-activación utilizando oclusión parcial superimpuesta

Moisés Picón<sup>1</sup>, Iván Chulvi-Medrano<sup>2</sup>, Juan M. Cortell-Tormo<sup>3</sup>, Tamara Rial<sup>4</sup>, Manuel Rodríguez-Pérez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Benestar Wellness Center. Valencia. <sup>2</sup>Benestar. Valencia. <sup>3</sup>Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas. Universidad de Alicante.

<sup>4</sup>Departamento de Didácticas Especiales. Universidad de Vigo. <sup>5</sup>Universidad de Almería.

**Recibido:** 04.12.2014

**Aceptado:** 13.04.2015

## Resumen

El entrenamiento con oclusión parcial superimpuesta (OCPS) es una alternativa reciente para el entrenamiento de fuerza de alta intensidad. Este método incrementa los factores estructurales en el músculo esquelético y de fuerza estableciendo una relación entre el estrés biológico por OCPS sobre el área de sección transversal muscular. Sin embargo, se desconoce la intensidad óptima para inducir esta inflamación celular aguda. Se ha sugerido que intensidades bajas (20-30% de 1RM) combinadas con OCPS son el método más apropiado para provocar la hipertrofia muscular. Este entrenamiento aplica una reducción parcial en el flujo de sangre a través de un torniquete externo y, una vez que la parte proximal está ocluida, se realiza un esfuerzo muscular de baja intensidad. Sin embargo, se carece de evidencias firmes que relacionen el entrenamiento OCPS aguda con la potenciación postactivación (PAP). El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la OCPS como una intervención preparatoria sobre el rendimiento del salto vertical. Diecinueve individuos altamente entrenados fueron reclutados (24,89 (4,64) años; índice de masa corporal 23,28 (2,12); 5,11 (3,29) años de experiencia en el entrenamiento de fuerza). Tras un calentamiento estandarizado se aplicó la intervención experimental mediante 3 series de 15 repeticiones de ¼ de sentadilla con la pierna dominante con la superposición de un torniquete en la parte más proximal del muslo para lograr OCPS (1/3 de la presión arterial sistólica). La altura del salto [16,69 (4,07) vs. 16,77 (3,50) centímetros], el tiempo en vuelo [0,36 (0,04) frente a 0,37 (0,03) segundos] y la potencia [657,32 (141,80) vs. 646,11 (147,03) vatios] se compararon al inicio del estudio y después de la intervención. Ninguna de las variables de rendimiento relacionadas con el salto vertical mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre el pre y el post. Nuestros resultados sugieren que la OCPS no tiene efecto inmediato sobre la PAP y por lo tanto ningún efecto sobre el rendimiento del salto vertical. Se necesitan más estudios para determinar si otros protocolos de OCPS pudieran tener efectos inmediatos sobre el PAP.

## Palabras clave:

Restricción vascular.  
Isquemia.  
Potencia muscular.  
Potenciación post-activación.

## Immediate effects of postactivation potentiation using superimposed partial occlusion

### Summary

Resistance training combined with superimposed partial occlusion (OCPS) is a recent alternative for high intensity resistance training. Several mechanisms are hypothesized to explain the benefits in hypertrophy and strength gains. This method to improve the structural factors in skeletal muscle and strength and exist in a relationship between the biological stress by OCPS in the muscular cross-sectional area. However, we do not know the optimal intensity to induce acute cell swelling. It was suggested that low-intensity (20–30% of 1RM) combined with OCPS is the most appropriate to elicit muscle hypertrophy. This training involves the application of a partial reduction in blood flow through an external tourniquet, and once the tip occluded, a muscle effort is made low intensity. Nevertheless there is a lack of data that relate OCPS with acute power outcome or postactivation potentiation (PAP). The aim of this study was to explore the effect of OCPS as a preparatory performance on vertical jump performance. Twenty-one highly trained individuals were recruited 24,89 (4,64) years; 23,28 (2,12) body mass index; 5,11 (3,29) years of experience in resistance training). After standardized warm-up the intervention consisted of 3 sets of 15 repetitions of ¼ squat on dominant leg superimposing a tourniquet at the most proximal portion of the thigh for achieving OCPS (1/3 of systolic blood pressure). The jump height [16,69 (4,07) vs. 16,77 (3,50) centimeters], time in flight [0,36 (0,00) vs. 0,37 (0,00) seconds] and power [657,32 (141,80) vs. 646,1145 (147,03) watts] were compared at baseline and after the intervention. T-Student test shows no significant difference ( $p > 0,05$ ) for all the variables under observation. Our results suggest that OCPS has no immediate effect on PAP and thus no effect on vertical jump performance. Further studies are warranted to determine whether different protocols of OCPS have immediate effects on PAP.

## Key words:

Blood-flow restriction.  
Ischemia.  
Muscle power.  
Postactivation potentiation.

**Correspondencia:** Iván Chulvi Medrano  
E-mail: ivanchulvimedrano@gmail.com

## Introducción

Actualmente son conocidos y aceptados los beneficios potenciales que aporta el entrenamiento de la fuerza sobre cualquier rango de población, incluyendo diferentes estados biológicos, condiciones patológicas y estatus de condición física<sup>1</sup>. Consecuencia de ello, cada vez es mayor el grupo poblacional que emplea esta modalidad de entrenamiento como herramienta para mejorar su calidad de vida. Los especialistas en entrenamiento de la fuerza recomiendan fundamentar los programas de entrenamiento en la individualización, la variación y la progresión de la carga<sup>1</sup>. A pesar de que la necesidad de aplicar una intensidad elevada de entrenamiento para obtener ciertos beneficios parece estar consensuada<sup>2</sup>, en algunas circunstancias dicha progresión puede estar contraindicada, como es el caso de personas lesionadas o con patologías<sup>1,3</sup>. En estos casos resulta importante aportar una metodología de entrenamiento que favorezca las adaptaciones positivas del entrenamiento contra resistencias pero que no suponga ningún riesgo para ellos.

En este sentido, el entrenamiento con oclusión parcial superimpuesta (OCPS) parece ser una herramienta adecuada<sup>4</sup>. La aplicación de ésta lleva a una reducción parcial del flujo sanguíneo, en este caso vascular, por medio de un torniquete externo, generalmente aplicado en la parte más proximal<sup>3,5,6</sup>. El parámetro de la oclusión se controla a partir del nivel de presión en milímetros de mercurio (mmHg), empleándose dicho valor para estimar la reducción del flujo sanguíneo. Una vez ocluido se deberá realizar un esfuerzo muscular de baja intensidad<sup>7</sup>.

El entrenamiento tradicional de la fuerza utiliza cargas de trabajo muy elevadas (>75% 1RM) para romper la homeostasis de nuestro organismo e inducir adaptaciones fisiológicas. No obstante, la literatura científica ha demostrado efectiva la combinación de oclusión y trabajo de baja intensidad (20-30% 1RM) con el fin de alcanzar un efecto sobre la hipertrofia y la fuerza muscular<sup>8-15</sup>.

Con la aplicación de esta nueva metodología se obtienen beneficios tanto estructurales como funcionales, muy similares a los conseguidos mediante entrenamientos de fuerza convencionales<sup>4</sup>.

Dichos beneficios se atribuyen a diversos mecanismos entre los que destacan:

- incremento significativo de la liberación de hormonas con una potente acción sobre el crecimiento muscular, como es la hormona del crecimiento (GH), factor de crecimiento derivado de la insulina (IGF-1) y noradrenalina (NA);
- respuestas de activación de moléculas y señalizaciones intramusculares asociadas con el incremento de la síntesis de proteínas<sup>16,17</sup>;
- reclutamiento de fibras rápidas muy similares a las obtenidas durante un entrenamiento de alta intensidad<sup>5</sup>.

En la actualidad, cada vez son más los estudios que valoran los distintos efectos y cambios fisiológicos que se derivan de la aplicación del entrenamiento con OCPS<sup>18-20</sup>. Sin embargo, dentro del campo del entrenamiento de la fuerza también es importante, de cara a alcanzar un mayor rendimiento deportivo, valorar el posible efecto de potenciación postactivación que se puede lograr con la OCPS. No obstante, faltan estudios que relacionen ambos parámetros.

El fenómeno de potenciación postactivación (PAP) se produce en los músculos esqueléticos de los mamíferos, implicando una mayor

eficiencia neuromuscular, y con ello, un mayor rendimiento, cuando se realiza una actividad muscular determinada justo antes del esfuerzo<sup>21</sup>. Gülllich A, *et al.* (1996)<sup>22</sup> expone que cualquier estímulo previo a una acción motriz es capaz de provocar una “reacción sensible” en nuestro organismo, lo que puede traducirse en una mejora de nuestro rendimiento. Este mismo autor aclara que la actividad contráctil produce tanto fatiga como PAP, por lo que es el equilibrio entre estas dos variables el que determina si se mejora o no la respuesta contráctil posterior.

Entre los posibles mecanismos fisiológicos que pretenden dar explicación a la potenciación postactivación se encuentran:

- un aumento de la fosforilación de las cadenas de miosina muscular, desencadenando un mayor reclutamiento de unidades motoras<sup>23,24</sup>;
- cambios a nivel del ángulo de penneación (*pennation*) tras una activación<sup>23</sup>.

La literatura científica de la fisiología del deporte ha puesto de manifiesto que este fenómeno se puede desencadenar mediante diferentes estrategias<sup>25,26</sup>. Por lo tanto, a partir de lo expuesto anteriormente se ha hipotetizado, para este trabajo, que la aplicación del entrenamiento con OCPS podría generar PAP, posiblemente asociado a una mayor actividad neural y al incremento de la rigidez (*stiffness*) de los miembros inferiores, ligado a su vez al edema muscular subsiguiente al entrenamiento.

Haciendo referencia a este último ítem, el presente trabajo también pretende valorar, aunque de una manera secundaria, el efecto que tiene el edema muscular sobre los músculos esqueléticos de los sujetos implicados en la investigación, el cual pudiera correlacionarse con un incremento del *stiffness* y por tanto, con un aumento de la potencia de salto, favoreciendo con ello el PAP.

Estudios publicados hasta el momento constatan una clara relación entre *stiffness* e incremento de energía. A mayor rigidez muscular, menor efecto de histéresis poseen nuestros músculos, lo que llevaría a incrementar nuestra capacidad para generar potencia en un salto en contramovimiento. Además, el edema muscular subsiguiente al entrenamiento es una variable que produce un incremento de rigidez en nuestros músculos lo que también nos permitiría mejorar nuestra capacidad de salto.

En conclusión, considerando las respuestas agudas desencadenadas por el entrenamiento con OCPS y la capacidad de nuestros músculos para alterarse tras una actividad previa, el presente trabajo pretende dar contestación a la siguiente pregunta, ¿puede generar la oclusión vascular parcial superimpuesta un efecto de potenciación postactivación?

## Material y métodos

### Participantes

Para llevar a cabo esta investigación se ha contado con un único grupo experimental formado por 19 sujetos varones. Las características físicas de los sujetos participantes quedan reflejadas en la Tabla 1.

Todos los participantes estaban familiarizados con los ejercicios utilizados ya que estos forman parte de su programa de entrenamiento habitual. Además, todos debían reunir cuatro requisitos básicos: a) contestar negativamente al PAR-Q y dar su consentimiento informado por

Tabla 1. Características descriptivas de los participantes.

Variable	Resultado (media±SD)
Edad (años)	24,89 (4,64)
Peso (kg)	73,66 (10,74)
Talla (cm)	177,47 (7,44)
IMC (kg/m²)	23,28 (2,12)
Experiencia deportiva (años)	5,11 (3,29)

Los datos están presentados como la media y la desviación estándar (SD).

escrito antes de participar en la prueba; b) tener entre 18 y 35 años con un mínimo de 1 año de experiencia en el campo del entrenamiento de la fuerza; c) no haber padecido ninguna lesión traumática en miembros inferiores en los últimos 6 meses; d) no tomar medicación de forma habitual ni en el momento del estudio. El proyecto de investigación fue aprobado por el Comité Ético en investigación humana de la Universidad de Alicante, al amparo de las directrices éticas dictadas en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial para investigación con seres humanos.

Diseño experimental

Con el fin de comprobar el posible efecto de potenciación post-tactivación que puede provocar la oclusión vascular superimpuesta, se aplicó el siguiente protocolo:

- Familiarización por parte de los sujetos. Esta fase tuvo una duración de 20 minutos. En ella los sujetos, guiados por el investigador, realizaron el ejercicio de ¼ de sentadilla a una pierna con una ligera oclusión vascular superimpuesta.
- Una semana más tarde se llevó a cabo la aplicación del protocolo experimental consistente en: a) registro del perímetro de la pierna; b) calentamiento estándar consistente en 5 minutos de actividad aeróbica, en este caso bicicleta estática, seguido de movilidad articular y flexibilidad dinámica para los miembros inferiores; c) el sujeto realizará 3 saltos máximos en contramovimiento (CMJ) con su pierna dominante con una recuperación entre salto de 1 minuto. Se tomará registro del mejor salto; d) tras 4 minutos de

recuperación al sujeto se le aplicará una oclusión vascular del 30% de la tensión arterial sistólica basal, debiendo realizar 3 series x 15 repeticiones de ¼ de sentadilla con su pierna dominante descansado 1 minuto entre series; e) registro del perímetro de la pierna; f) tras 4 minutos de descanso el sujeto volverá a realizar 3 saltos máximos en contramovimiento (*Countermovementjump*) sobre la plataforma. Se tomará registro del mejor salto (Figura 1).

Materiales e instrumentos

Para la ejecución del protocolo presentado, los materiales y tests que se emplearon fueron los siguientes:

- Esterilla de fuerza (Chronopic 3, Chronojump Boscosystem, Spain).
- Tensiómetro automático de brazo (OMRON M<sub>3</sub>).
- Compresímetro (RiesterKomprimeter, Riester, Jungingen, Germany) de alta precisión. Las dimensiones del manguito son 57 cm de largo y 9 cm de ancho.
- Cinta métrica Rosscraft metálica, estrecha e inextensible (precisión, 1 mm). La medición del perímetro del muslo fue llevada a cabo por un medidor acreditado ISAK Nivel 1 siguiéndose las recomendaciones técnico-normativas de la ISAK<sup>27</sup>.
- Test: Salto en contramovimiento. Se hizo uso del CMJ ya que se trata de un tipo de salto comúnmente utilizado para investigar los cambios que se dan en el rendimiento como consecuencia del PAP<sup>28-30</sup>.

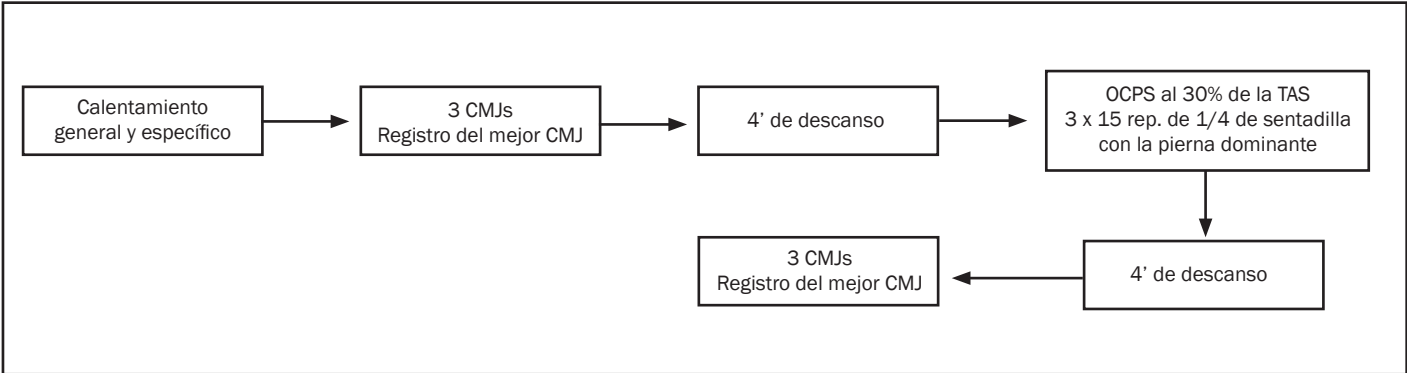
Además, puesto que la gran mayoría de actividades deportivas tienen un gran componente asimétrico total, se decidió comprobar los efectos de la oclusión parcial superimpuesta únicamente sobre la pierna dominante.

Análisis estadístico

Para el presente estudio, con el objetivo de comprobar la condición de homogeneidad de las varianzas, se aplicó el test de *Levene*. Éste demostró una igualdad de las mismas, lo que significa que éstas cumplen el criterio de homogeneidad.

Por otro lado, para contrastar la normalidad de las variables se empleó la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*. Ésta nos demuestra que las variables cumplen el criterio de normalidad.

Figura 1. Esquema con el protocolo de intervención aplicado.



CMJ: Salto en contramovimiento; OCPS: Oclusión Parcial Vascular Superimpuesta; TAS: Tensión Arterial Sistólica.

A partir de la aplicación de los dos tests nombrados anteriormente, se empleó la prueba paramétrica *t* de *Student* para muestras relacionadas.

El nivel de significación alfa asumido fue de  $p < 0,05$ . Todos los valores se expresaron como la media  $\pm$  la desviación estándar (SD). Los análisis se llevaron a cabo usando el programa estadístico SPSS para Windows versión 19,0.

## Resultados

Los resultados de la presente investigación se van a presentar atendiendo a los dos objetivos sobre los que versa este estudio. Por un lado, el perímetro de muslo, y por otro, las diferentes variables que afectan a la capacidad de salto.

### Perímetro del muslo

El estudio comparativo reveló una diferencia de 0,81 (0,65) centímetros (cm) más en el perímetro de muslo post-test que en el pre-test. Esta diferencia fue significativa ( $p = 0,00$ ), lo que indica la posible presencia de edema muscular subsiguiente al entrenamiento (Tabla 2).

### Capacidad de salto

Las diferentes variables evaluadas con relación a la capacidad de salto son: la altura de salto (cm), el tiempo de vuelo (s), la potencia de salto (w) y la velocidad inicial (m/s).

En relación a la primera de estas variables los resultados muestran una diferencia de 0,08 (1,95) (cm) mayor en la altura del salto realizado a posteriori de la aplicación del entrenamiento con OCPS. Sin embargo, dicha diferencia ( $p = 0,46$ ) no puede considerarse significativa ( $p > 0,05$ ).

Haciendo referencia a la segunda de las variables, el tiempo de vuelo, la diferencia fue de 0,00 (0,02) (s) mayor en el tiempo de vuelo de los saltos realizados tras el entrenamiento con OCPS. Sin embargo, al igual que sucede con las anteriores variables, el tiempo de vuelo tampoco presenta una diferencia significativa entre el pre y el post-test.

Con respecto a la potencia de salto, la prueba estadística desveló una diferencia de 11,21 (46,69) (w) menor en los saltos realizados post-entrenamiento con OCPS, aunque esta diferencia ( $p = 0,33$ ) tampoco es suficiente para considerarla como significativa.

Por último, en cuanto a la velocidad inicial del salto, se observó una diferencia de 0,02 (0,13) (m/s) mayor en los saltos realizados tras el entrenamiento con OCPS. Sin embargo, éstas diferencias ( $p = 0,38$ ) tampoco fueron significativas.

**Tabla 2. Cambios en el perímetro del muslo pre y post aplicación de OCPS.**

Variable	Resultado
Pre-test	53,13 (5,07) cm
Post-test	53,94 (5,29) cm
(p)	0,00

**Tabla 3. Cambios en las diferentes variables evaluadas con relación a la capacidad de salto tras la aplicación del OCPS.**

Variable	Pre-test	Post-test	(p)
Altura del salto (cm)	16,69 (4,07)	16,77 (3,50)	0,85
Tiempo de vuelo (s)	0,36 (0,04)	0,37 (0,03)	0,46
Potencia de salto (w)	657,32 (141,80)	646,11 (147,03)	0,33
Velocidad inicial (m/s)	1,79 (0,23)	1,81 (0,19)	0,38

En la Tabla 3 vienen detallados los resultados dados en las diferentes variables evaluadas con relación a la capacidad de salto.

## Discusión

La presente discusión se va a establecer en base a los 2 parámetros que representan las variables analizadas en el presente estudio y que se han diferenciado previamente en el apartado de resultados.

### Perímetro del muslo

Aunque todavía no existe un apoyo científico que demuestre, de una manera clara y contundente, una diferencia significativa en el perímetro del muslo después de una sesión de entrenamiento (efectos agudos) con oclusión, son diversos los estudios que han demostrado un incremento agudo en los marcadores de inflamación muscular tras la aplicación de un entrenamiento con OCPS<sup>31-34</sup>, no siendo ésta una respuesta exclusiva de dicha metodología de entrenamiento, ya que también han sido descritas con otras formas de ejercicio físico<sup>35</sup>.

Según Loenneke *et al.* (2014)<sup>35</sup> la acumulación de sangre inducida por el entrenamiento con OCPS es suficiente para causar modificaciones en el balance de agua intracelular y extracelular, lo que desencadenaría el efecto conocido como *cell swelling*. Como consecuencia del edema muscular ocasionado se incrementa la síntesis proteica, entre otros factores, lo que se traduce en un incremento de la fuerza e hipertrofia muscular<sup>19,36</sup>.

Por otro lado, los datos obtenidos de diferentes estudios<sup>35,37</sup> sugieren que el músculo esquelético solo puede aumentar de forma aguda una cantidad finita, lo que sugiere que la inflamación de las células musculares puede ser necesaria para el crecimiento muscular pero, en sí mismo, no resulta suficiente.

Nuestros resultados indican que el realizar 3 series x 15 repeticiones con OCPS ha dado lugar a un aumento del perímetro del muslo. Si éste se hubiese dado únicamente por la acumulación venosa provocada a partir de la oclusión, dicho valor habría recuperado su estado inicial con la retirada del manguito<sup>35</sup>. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio demuestran un aumento del perímetro del muslo tras la aplicación de las 3 series con OCPS. Esto da pie a pensar que, en este caso, el edema muscular viene ocasionado por un desplazamiento de fluidos sobre las células musculares, y no tanto por la acumulación venosa provocada por la presión del manguito.

No obstante, se necesitan más estudios para confirmar el factor determinante que desencadena el hinchazón muscular que sigue

al entrenamiento con OCPS. Debido a la carencia actual de estudios que analicen los aspectos discutidos anteriormente, se debe estar atento a los avances científicos que se pronuncien en esta línea, pues proporcionarán información interesante sobre los mecanismos desencadenantes, como pueden ser el incremento de acuoporinas derivado del *cell swelling* post OCPS.

## Capacidad de salto

La segunda variable investigada en nuestro estudio hace referencia a la capacidad de generar potencia en un salto en contramovimiento tras la aplicación de OCPS. En esta línea, nuestro estudio desvela que no existe un efecto de potenciación post-activación tras aplicar una sesión de entrenamiento con oclusión.

Por su parte, son diversos los estudios que han demostrado un aumento de la fuerza e hipertrofia muscular como consecuencia de realizar un trabajo con OCPS<sup>19,20,38,39,40</sup>. Sin embargo, pocas de estas publicaciones relacionan esta nueva metodología de entrenamiento con la capacidad de generar potencia inmediata. Por lo tanto, de nuevo existe una más que notable carencia de evidencias científicas con las que poder desarrollar una discusión fundamentada y contrastada con datos de publicaciones previas. Abe *et al.* (2005)<sup>38</sup> observan que la aplicación de OCPS durante 8 días produce un incremento de un 10% de la fuerza en la prensa de piernas, lo que se podría traducir en una mayor capacidad para generar potencia en un salto en contramovimiento. Siguiendo esta misma línea de trabajo, uno de los estudios más recientes de Cook *et al.* (2014)<sup>20</sup>, halla diferencias significativas en la potencia de salto en contramovimiento (CMJ) tras la aplicación de un entrenamiento con OCPS. Contrariamente, nuestros resultados demuestran que no existe una mejora en la capacidad de salto (altura, potencia, tiempo de vuelo y velocidad inicial del salto).

Los factores que pueden explicar esta diferencia entre estudios son los siguientes: a) el tiempo de aplicación del protocolo. Mientras que nuestro estudio tuvo una duración de un día, la investigación de Cook *et al.* (2014)<sup>20</sup> tuvo lugar 3 veces por semana durante 3 semanas; b) la presión del manguito. En el citado estudio<sup>20</sup> los sujetos fueron ocluidos con un nivel de presión de 180 mmHg, mientras que para el presente trabajo el nivel de presión empleado rondaba los 25-35 mmHg; c) el ejercicio realizado con OCPS. Cook *et al.* (2014)<sup>20</sup>, en su estudio, empleó una intensidad en el ejercicio de ½ sentadilla del 70% de 1RM. Por el contrario, en nuestra investigación la sentadilla se realizó sin aplicarle al sujeto ninguna carga externa de trabajo. El motivo que de realizar la sentadilla sin carga externa vino determinado por la posibilidad de que el propio peso corporal representara una carga suficiente cuando se le añadía OCPS, puesto que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad OCPS desencadena respuestas musculares similares a las que genera un entrenamiento convencional con cargas moderadas altas<sup>3,4,16,18</sup>.

Referente a este último ítem, varios estudios han demostrado que la carga externa de entrenamiento dicta cambios en el reclutamiento de unidades motoras<sup>41</sup> lo que podría llegar a estimular, aún más si cabe, la hipertrofia muscular y la capacidad de generar potencia<sup>42</sup>. No obstante, otros autores justifican que no hay necesidad de utilizar una carga externa puesto que a través de la aplicación del entrenamiento con OCPS, la intensidad del ejercicio se ve aumentada suficientemente<sup>18</sup>.

Finalmente, haciendo referencia al pico de potencia, varios estudios argumentan que éste es el parámetro afectado, en mayor medida, por los cambios que se dan en el músculo esquelético como consecuencia de la aplicación del entrenamiento con OCPS<sup>43</sup>. En nuestro caso, el pico de potencia, al igual que el resto de variables analizadas a través de la capacidad de salto, sigue una tendencia hacia el incremento tras la aplicación de la OCPS aunque las diferencias entre el pre y el post no son suficientes para considerarlas significativas. Por su parte, Wilson *et al.* (2013)<sup>14</sup> también observaron una diferencia en el pico de potencia tras la aplicación de un entrenamiento con oclusión. En este caso, dichos autores encontraron un incremento del 5% del pico de potencia inmediatamente después de la aplicación de la OCPS. No obstante, dichas diferencias, al igual que sucede en nuestro estudio, no son significativas. Además, en este mismo estudio se observó que, pasadas 24 horas del entrenamiento con oclusión, el pico de potencia descendió hasta su valor basal, lo que sugiere que con la aplicación de esta metodología de trabajo existe un mínimo o nulo daño muscular. Esta última afirmación también es apoyada por otros estudios, como es el caso del de Loenneke *et al.* (2012)<sup>33</sup>.

## Conclusiones

En conclusión, aplicar OCPS con un nivel de 1/3 de la tensión arterial sistólica durante 15 repeticiones repetido 3 series realizado con un descanso de 60 segundos no desencadenó ningún efecto de PAP sobre los parámetros del salto vertical. Dicha intervención supuso un incremento agudo del diámetro muscular sin repercusiones sobre la capacidad de salto vertical. Futuros estudios podrían explorar la metodología de entrenamiento OCPS con diferentes niveles de oclusión con la intención de conseguir un efecto de potenciación postactivación.

Tomando lo anterior como referencia, como futura línea de investigación se propone la modificación de algunas de las variables que guardan relación con el protocolo aplicado (tiempo de aplicación del protocolo, descanso post- ejercicio con OCPS, intensidad del ejercicio realizado con oclusión, presión del manguito, etc.) con el fin de comprobar si se consiguen alcanzar los efectos de PAP.

## Bibliografía

1. Ratamess NA, Alvar BA, Evetock TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:687-708.
2. Fry AC. The sole of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Am J Sports Med.* 2004;34:663-79.
3. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(10):2914-26.
4. Chulvi I. Resistance training combined with superimposed partial occlusion. A review. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4(3):121-8.
5. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:401-6.
6. Fash CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Loennecke JP, Kim D, Abe T, Beck TW, et al. Vascular adaptations to low-load resistance training with and without blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(4):715-24.
7. Sato Y. The history and future of KAATSU Training. *Int J KAATSU Training Res.* 2005;1(1): 1-5.
8. Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J Physiol.* 2004;54(6):585-92.



9. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Int J KAATSU Training Res*. 2005;1(1):6-12.
10. Cook SB, Clark BC, Ploutz-Snyder LL. Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1708-13.
11. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):147-55.
12. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(5):653-62.
13. Patterson S, Ferguson R. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):1025-33.
14. Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sato Y, Abe T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010;30(5):338-43.
15. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2011;112(5):1849-59.
16. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *J Strength Cond Res*. 2009;31:77-84.
17. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med*. 2010;31:1-4.
18. Abe T, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Bemben MG. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: A brief review. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012;32(4):247-52.
19. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical Blood Flow Restriction Training Increases Acute Determinants of Hypertrophy Without Increasing Indices of Muscle Damage. *J Strength Cond Res*. 2013;27(11):3068-75.
20. Cook C, Kilduff L, Beaven M. Improving Strength and Power in Trained Athletes with 3 Weeks of Occlusion Training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:166-72.
21. Rassier DE, Macintosh BR. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *J Biol Med*. 2000; 33(5):499-508.
22. Güllich A, Schmidtbleicher D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *N Stud Athletics*. 1996;11(4):67-81.
23. Anthony N, Bishop D. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Am J Sports Med*. 2009;39(2):147-66.
24. Wilson JM, Duncan NM, Marín PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, et al. Meta-Analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res*. 2013;27(3):854-9.
25. Abbate F, Sargeant AJ, Verdijk PWL, De Haan A. Effects of high-frequency initial pulses and post-tetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2000;88:35-40.
26. Sale DG. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exer Sport Sci Rev*. 2002;30(3):138-43.
27. Sociedad Internacional para el avance de la kineantropometría (ISAK). *Estándares internacionales para la valoración antropométrica*. Australia. 2001.
28. De Villareal ES, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long term acute jumping performance. *Eur J Appl Physiol*. 2007;100:393-401.
29. Kilduff LP, Owen N, Bevan H, Bennett M, Kingsley MI, Cunningham D. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *J Sports Sci Med*. 2008;26:795-802.
30. Young WB, Jenner A, Griffiths K. Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *J Strength Cond Res*. 1998;12(2):82-4.
31. Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Sato Y, Abe T. Muscle activation during low intensity muscle contractions with varying levels of external limb compression. *J Sports Sci Med*. 2008;7(4):467-74.
32. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol*. 2010;108:1199-209.
33. Loenneke JP, Fahs CA, Thiebaud RS, Rossow LM, Abe T, Ye X, et al. The acute muscle swelling effects of blood flow restriction. *Acta Physiol Hung*. 2012;99(4):400-10.
34. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of blood flow restricted low intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *PLoS One*. 2012;7(12):e52843.
35. Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T, Bemben MG. Blood flow restriction pressure recommendations: The hormones hypothesis. *Med Hypotheses*. 2014;82(5):623-6.
36. Häussinger D, Hallbrucker C, Vom-Dahl S, Lang F, Gerok W. Cell swelling inhibits proteolysis in perfused rat liver. *Biochem J*. 1990;272:239-42.
37. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with relatively low vascular occlusion. *J Appl Physiol*. 2000;88(6):2097-106.
38. Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, Kearns CF, Midorikawa T, Sato Y. Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *Int J KAATSU Training Res*. 2005;1:19-23.
39. Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J KAATSU Training Res*. 2008;4:1-8.
40. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(10):2525-33.
41. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:687-708.
42. Doessing S, Heinemeier KM, Holm L, Mackey AL, Schjerling P, Rennie M, et al. Growth hormone stimulates the collagen synthesis in human tendon and skeletal muscle without affecting myofibrillar protein synthesis. *J Physiol*. 2010;588:341-51.
43. Armstrong LE, Whittlesey MJ, Casa DJ, Elliott TA, Kavours SA, Keith NR, et al. No effect of 5% hypohydration on running economy of competitive runners at 23 degrees C. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1762-9.